

## Capítulo 8

# Vácuo

---

### 8.1 - Introdução (em construção)

#### 8.1.1 - Unidades

A medida do vácuo é geralmente expressa em milímetros de mercúrio (mmHg), que é numericamente igual à unidade de pressão *torr* (10 torr = 10 mmHg). Esta unidade se refere aos experimentos feitos em 1643 por Evangelista Torricelli, que notou que o mercúrio dentro de um tubo emborcado em um vaso se mantinha à cerca de 760mm de altura no nível do mar (pressão atmosférica normal), diminuindo esta altura quando levado ao pico de uma montanha onde a pressão do ar é menor. Quanto menor a pressão do ar, mais baixa fica a coluna de mercúrio. No vácuo perfeito, a pressão seria 0 (zero) torr. Acontece que o vácuo perfeito é uma situação ideal e a tecnologia atual dificilmente passa dos  $10^{-9}$  torr, sendo o  $10^{-13}$  o recorde atual, um vácuo equivalente ao do espaço interestelar. Muitos textos utilizam o militorr (mtorr), que é um milésimo de torr (0,001 torr ou  $10^{-3}$  torr) ou seja, um micron (milésimo de milímetro) de mercúrio. Outra unidade comum é o *mbar* (milibar = 0,001 bar), que é igual a 0,75 torr.

Figura 2.1

$$1 \text{ atmosfera} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr} = 1013,25 \text{ mbar}$$

Como se pode ver, a unidade *bar* é aproximadamente igual a uma atmosfera.

A unidade do SI para pressão é o Pascal (Pa). É pouco usada na literatura relativa ao vácuo, mas se for encontrada, basta dividir o número de Pascais por 133,3 para obter o valor em torr.

#### 8.1.2 - Os equipamentos para obtenção e utilização do vácuo

Quando a finalidade do vácuo é apenas mecânica, como a laminação com fibra de vidro, a filtragem à vácuo ou o

vacuum-forming, uma bomba e um tubo é tudo que se precisa. Quando o objetivo é obter um volume de vácuo dentro do qual se possa realizar experimentos, o conjunto geralmente consiste de uma bomba mecânica, uma bomba de difusão, uma câmara de vácuo, um medidor de vácuo, a tubulação apropriada e uma válvula de ar para permitir a entrada de ar no sistema. A bomba mecânica faz o bombeamento de fundo, que somado ao trabalho da bomba de difusão, resulta no alto vácuo esperado. O sistema pode não ter uma bomba de difusão, mas a bomba mecânica, sozinha, dificilmente esta ultrapassa um vácuo de 1 mTorr, que é aproximadamente a fronteira entre o médio vácuo e o alto vácuo.

### **8.1.3 - Baixo vácuo, médio vácuo e alto vácuo**

Não existe uma divisão oficial entre os vácuos, nem fronteiras nítidas entre os fenômenos que ocorrem em vários níveis de ausência de ar, mas a prática define três áreas de estudo com características bem diferentes:

O baixo vácuo situa-se entre a pressão atmosférica e cerca de 10 torr. É o vácuo "mecânico" usado para vacuum-forming, para laminação de fibra de vidro, para destilação à vácuo etc. Pode ser obtido com equipamentos mecânicos rudimentares.

O médio vácuo vai de 1 torr até  $10^{-3}$  torr (0,001mmHg). Este é o nível de vácuo que permite as descargas elétricas luminosas e outros fenômenos atômicos e moleculares. A maior parte das utilizações do médio vácuo envolvem justamente esta condução elétrica, como a deposição metálica por sputtering, a criação de plasma, e a geração de luz para iluminação e formação de raios laser.

Pressões menores que  $10^{-3}$  torr são chamadas de alto vácuo. Os gases deixam de ter o comportamento viscoso de um fluido e passam a ter um comportamento chamado molecular. A consequência mais imediata disso é que as bombas mecânicas convencionais não produzem mais bons resultados, devendo ser auxiliadas por equipamentos chamados "bombas de difusão". O alto vácuo também é um isolante elétrico e térmico. Os vasos de Dewar (garrafas térmicas) e os tubos de imagem dos televisores exigem alto vácuo para um bom funcionamento.

### **8.1.4 - Os problemas**

O maiores inimigos da obtenção de médio e alto vácuo são os vazamentos e os gases liberados pelas superfícies.

## **Os vazamentos**

### **Os gases liberados pelas superfícies**

Este é um problema menos intuitivo do que os vazamentos. É causado por dois fenômenos: a pressão de vapor dos líquidos (e até de alguns sólidos) e a liberação de gases adsorvidos pelos materiais sólidos.

#### **A pressão de vapor**

É a pressão que existirá em um espaço fechado onde foi feito um vácuo perfeito (teórico) e foi colocado um pouco deste líquido. No caso da água à temperatura ambiente, esta pressão é de cerca de 17 torr. Fica claro pela própria definição que nenhum ambiente fechado com um volume qualquer de água líquida dentro dele poderá ter uma pressão menor que cerca de 17 torr à temperatura ambiente. Alguns sólidos, geralmente compostos orgânicos, também apresentam pressões de vapor significativas.

Ainda que não exista uma superfície líquida dentro da câmara de vácuo, é preciso lembrar que vários materiais estão impregnados de líquidos com pressões de vapor significativas. O principal problema vem da umidade (água) absorvida pelos materiais, mas o aumento da pressão também pode vir dos aditivos usados na fabricação dos plásticos, das graxas usadas para lubrificação e vedação e até de alguns metais como o mercúrio, o zinco, o chumbo e o cádmio.

Os materiais com baixa pressão de vapor e, portanto, mais apropriado para a construção de equipamentos de vácuo são: vidro, cobre, alumínio, aço inoxidável, prata, alguns plásticos e algumas borrachas sintéticas. Como a pressão de vapor é proporcional à temperatura, vários outros materiais são aceitáveis, como o latão contendo zinco ou alguns plásticos, dependendo pressão final esperada e da temperatura de trabalho.

#### **Gases adsorvidos**

Os gases possuem a propriedade de aderir à superfície de materiais em um fenômeno chamado adsorção. Este fenômeno se manifesta com maior intensidade em materiais como o carvão ativado, mas existe em maior ou menor escala em todas as superfícies de um equipamento para obtenção de vácuo. Estas moléculas aderidas à superfície vão se soltando aos poucos, aumentando a pressão do ambiente evacuado. O procedimento usual para a degasificação das superfícies é aplicar o vácuo e aquecer todo o equipamento, mantendo a bomba de vácuo ligada durante todo o período de aquecimento. O calor faz com que as moléculas se soltem, sendo então retiradas pela bomba.

Materiais porosos, fibrosos ou pulverulentos devem ser evitados dentro da câmara de vácuo, pois possuem grande superfície, capaz de adsorver grandes quantidades de gás.

### **8.1.5 - Os materiais**

(segundo as referências bibliográficas [1] e [2])

Borracha natural - é utilizada nos tubos das bombas, nos trechos de médio vácuo.

Plásticos - a maioria é limitada por uma grande absorção de água e por aditivos plastificantes, além de baixa resistência às altas temperaturas.

Tubos de PVC substituem os de borracha nas ligações com as bombas. Polietileno tem boas qualidades no vácuo, pois é limpo e absorve pouca água.

Elastômeros sintéticos - são as borrachas sintéticas. São usadas nas juntas e nos o-rings de vedação. De modo geral não apresentam problemas.

Epóxis - os adesivos normais, encontrados nas lojas de ferragens não contém solventes que prejudiquem a manutenção do vácuo. São ótimos adesivos entre vidro e metais.

Graxas - existem graxas especiais para trabalho em alto vácuo. Costumam causar muita sujeira, se espalhando por toda parte.

Ceras - uma mistura de partes iguais de cera de abelha e breu apresenta boas propriedades para uso em vácuo, servindo para vedação e suporte de peças. Evidentemente, não resistem ao aquecimento.

Vidro - todos os tipos funcionam bem no vácuo, desde que devidamente limpos e secos.

Metais - Aço inoxidável é o padrão para equipamentos modernos de alto vácuo. Os tubos e conexões de cobre para água quente dão bons resultados.

Solda - para os tubos e conexões de cobre, pode-se usar solda de estanho puro ou estanho. Solda-prata é recomendada onde se precisa de muita resistência, mas é preciso um maçarico gás-oxigênio para trabalhar com este material.

### **8.1.6 - Os tubos**

Quando se trabalha com médio e alto vácuo é muito difícil retirar o gás residual com tubos finos. Além do comportamento molecular do gás, a diferença de pressão entre a câmara de vácuo e o vácuo criado dentro da bomba é muito pequena. A resistência do tubo à passagem do gás passa a ter uma importância crucial no rebaixamento da pressão. O bombeamento final deve ser feito através de tubos largos e curtos.

Se todos os outros fatores forem constantes, a condutância (oposto da resistência) de um tubo varia com a quarta potência

do diâmetro. Ou seja, um tubo de 2 cm de diâmetro conduz 16 vezes mais que um tubo de 1 cm de diâmetro. Resumindo: existe uma série de fórmulas e deduções matemáticas que explicam que é virtualmente impossível atingir alto-vácuo ligando a câmara à bomba através de uma mangueirinha de 1/4".

### **Referências:**

[1] - Jornal "The Bell Jar" sobre técnicas de vácuo e tópicos relacionados - compilação dos 5 primeiros anos - 1992 a 1996, publicada em 1999 por Stephen P. Hansen;

[2] - Procedures in Experimental Physics - John Strong - Lindsay Publications Inc.

#### **AVISO:**

Este texto é uma leitura proporcionada por [www.centelhas.com.br](http://www.centelhas.com.br). Seu conteúdo, assim como todo o conteúdo do site, é propriedade intelectual do autor e não pode ser copiado ou modificado sem sua autorização. Não é autorizado o uso comercial deste trabalho. Entretanto, é permitido o download e a distribuição deste arquivo sem modificações para uso pessoal.

Nem o autor nem os administradores do site assumem qualquer responsabilidade sobre o uso das informações deste texto. Muitos procedimentos aqui descritos são potencialmente perigosos. A execução de qualquer destes procedimentos não deve ser tentada por quem não tem o conhecimento e a habilidade necessária. Este texto é um trabalho em desenvolvimento e pode conter erros e lacunas. Verifique no site a existência de versões mais atualizadas.